

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Standarisasi Material

Standarisasi Material merupakan aturan yang diperlakukan oleh asosiasi, institusi negara yang memproduksi material meliputi pengaturan, cara penulisan, pengelompokan material, klasifikasi, seri dari suatu material. Dengan adanya standarisasi material pada teknologi, industri dan masyarakat mendapatkan pemahaman dan persepsi yang sama terhadap material. Dengan adanya standar yang jelas, semua kalangan akan mendapatkan jaminan yang sesuai tentang material. Sehingga tidak menimbulkan kesalahpahaman, atau salah mengartikan tentang material yang sudah disepakati. Beberapa standar material lahir dari negara – negara yang memiliki teknologi yang sangat kuat, seperti Amerika, Jepang, Jerman, Inggris, dan Belanda. Berikut ini beberapa standar yang diberlakukan untuk jenis material logam :

- ASTM (*American System for Testing Material*)
- AISI (*American Iron and Steel Institute*)
- UNS (*Unified Numbering System*)
- AA (*Aluminium Association*)
- SAE (*Society Automotive Engineering*)
- DIN (*Deutsches Institut fur Normung*)
- JIS (*Japan Industrial Standard*)

Pemberian standard baja karbon diperuntukkan menggolongkan baja karbon berdasarkan komposisi kimia, penetapan standarisasi baja karbon menurut *American Iron and Steel Institut (AISI)* dan *Society of Automotive Engineers (SAE)* mempergunakan nomor atau angka dan huruf. Adapun cara yang ditentukan AISI dan SAE dalam menetapkan standarisasi baja karbon sebagai berikut :

A. Sistem Angka

- 1xxx, penggunaan baja karbon.
- 2xxx, baja karbon dengan paduan nikel.
- 3xxx, baja karbon dengan paduan nikel dan chrom.
- 4xxx, baja karbon paduan molybdenum.

Tipe dan persentase paduan menurut AISI – SAE adalah :

Baja karbon

- Baja karbon tidak terdapat kandungan sulfur (S) 10xx
- Baja karbon tidak terdapat kandungan S (Free machining) 11xx
- Baja karbon terdapat kandungan S dan P, 12xx

Baja paduan rendah

- Baja mangan : (1,75 Mn), 13xx
- Baja nikel : 3,5 Ni = 23xx ; 5,00 Ni = 25xx
- Baja nikel – crom : 1,25 Ni + 0,65 Cr = 31xx ; 3,5 Ni + 1,55 Cr = 33xx
- Baja molybden : 0,25 Mo = 40xx
- Baja chrom : 0,28 – 0,40 = 50xx

Baja tahan karat dan tahan panas

- Baja chrom, nikel, mangan (austenitic) 2xx
- Baja chrom, nikel (austenitic) 3xx
- Baja chrom (martenistic) 4xx
- Baja chrom rendah 5xx

Angka yang kedua, mengartikan persentase paduan baja yang mendekati, contoh AISI dan SAE 23xx adalah mengartikan baja karbon dengan paduan nikel dan dengan campuran nikel kira – kira 3%

Dua angka terakhir pada penomoran, menunjukkan jumlah persentase karbon yang mendekati, contoh pembacaan :

- AISI – SAE 1045 merupakan baja karbon dengan karbon 0,45%.
- AISI – SAE 3395 merupakan baja karbon dengan kandungan paduan nikel – chrom dengan campuran nikel kurang lebih 3,5%, chrom 1,55% dan kandungan karbon sebesar 0,95%.

B. Sistem Huruf

Huruf pertama memberikan arti pada proses *melting* yang digunakan dalam proses peleburan pada pembuatan baja, yaitu sebagai berikut :

- Huruf A, untuk baja karbon yang diproduksi dari dapur *Siemens Martin*.
- Huruf B, untuk baja karbon yang diproduksi dari dapur *Bessemer*.
- Huruf C, untuk baja karbon yang diproduksi dari dapur *Open Heat* untuk baja karbon basa.
- Huruf D, untuk baja karbon yang diproduksi dari dapur *Open Heat* untuk baja karbon asam.
- Huruf E, untuk baja karbon yang didapatkan dari dapur listrik.

2.2 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan suatu material dalam menerima berbagai pembebanan, sifat mekanik material diantaranya meliputi: kekerasan, tegangan terhadap gaya tarik (tegangan tarik), tegangan puntir, tegangan geser, tegangan lengkung, kerapuhan, *creep*, *fatigue*. Sifat - sifat seperti ini yang dimiliki oleh material dalam penggunaannya, tetapi demikian seberapa besar dan seberapa lama material itu dapat bertahan dari sifat-sifat yang dimiliki oleh material yang akan digunakan untuk bahan teknik ini, harus diketahui terlebih dahulu supaya material yang dipilih dapat kualitas dan mutu yang distandardkan.

2.2.1 Kekerasan

Kekerasan adalah reaksi dari suatu material atau bahan sampai batas dimana material itu dapat mempertahankannya. Nilai kekerasan dari suatu bahan dapat diketahui dengan memberikan tekanan tertentu pada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya.

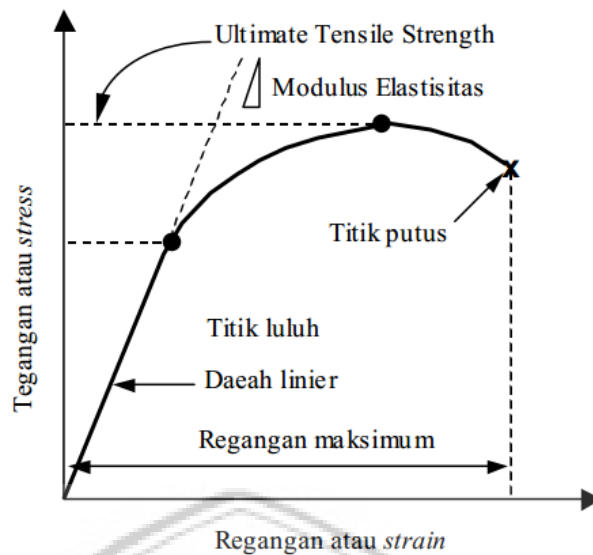
Ada beberapa metode pengujian kekerasan, antara lain *Brinell*, *Rockwell*, *Vickers*. Dalam pengujian kekerasan, seperti pada pengujian statik lainnya, diukur ketahanan terhadap deformasi material yang terjadi setelah pembebanan.

| Test | Indenter | Shape of Indentation | | Load | Formula for Hardness Number ^a |
|-----------------------------------|--|----------------------|----------|--|--|
| | | Side View | Top View | | |
| Brinell | 10-mm sphere of steel or tungsten carbide | | | P | $HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$ |
| Vickers microhardness | Diamond pyramid | | | P | $HV = 1.854P/d_1^2$ |
| Knoop microhardness | Diamond pyramid | | | P | $HK = 14.2P/l^2$ |
| Rockwell and superficial Rockwell | Diamond cone: $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ in. diameter steel spheres | | | 60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg } | |

Gambar 2.1 Teknik Pengujian Kekerasan. (Callister, 2014)

2.2.2 Kekuatan Tarik

Merupakan tegangan maksimal yang dapat ditahan suatu material pada saat diregangkan atau ditarik sebelum material itu putus. Kekuatan tarik berbanding terbalik dengan kekerasan. Beberapa bahan akan mengalami *deformasi*, yaitu material tersebut meregang dan terjadi perubahan ukuran sebelum putus yang sering disebut *elastis (ductile)*. Pada gambar 2.1 merupakan kurva *stress - strain*, dimana digambarkan skema ketika bahan menerima beban tarik, kemudian masuk ke daerah titik luluh, dan material akan mengalami deformasi elastis sebelum benda mengalami patah.



Gambar 2.2 Kurva Tegangan vs Regangan

2.2.3 Keuletan

Keuletan merupakan kemampuan bahan logam bertambah panjang ketika logam tersebut diberikan beban atau tarikan. Pada variable *regangan maksimum* pada Gambar 2.2 adalah nilai keuletan bahan (*ductility*), biasanya di anotasikan dengan perpanjangan dimensi dinyatakan dengan persentase perpanjangan (%). Nilai regangan dihitung dari perpanjangan akhir (L_1) waktu putus dengan panjang awal (L_0) sebelum dilakukan pengujian / *gage length*.

$$e = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0 \times 100\%} \dots \dots \dots (2.1)$$

2.2.4 Keausan

Keausan adalah ketahanan material terhadap beberapa komponen mesin yang berkerja dengan gesekan. Pada pergerakan relatif dengan tekanan, selalu terjadi friksi pada bidang yang terkontaksi. Maka akan terjadi abrasi, dan mengakibatkan dimensi pada komponen rusak dan selanjutnya akan terus menjalar menjadi semakin parah dan pada suatu saat material tersebut tidak akan berfungsi secara normal. Untuk mengatasi

permasalahan keausan pada logam biasanya diantara komponen yang bergesekan akan diberikan pelumas agar nilai abrasi dapat ditekan.

2.2.5 Melar (*Creep*)

Terdapat bagian dari mesin dan struktur dapat terjadi deformasi secara *kontinyu* dan pelan - pelan dalam jangka waktu yang cukup lama apabila dibebani secara terus menerus. Deformasi seperti ini dinamakan melar (*creep*), hal ini terjadi pada suhu yang rendah juga, tetapi sangat sering terjadi pada suhu dekat dengan titik cair. Oleh karena itu untuk merencanakan sebuah komponen untuk suhu rendah perlu didasarkan pada kekuatan lelah, tetapi pada suhu lebih tinggi perlu didasarkan atas kekuatan melar, karena waktu pembebanan memiliki pengaruh yang besar. Menurut kinetika hubungan ini dapat digunakan untuk mengetahui laju melar :

$$\dot{\epsilon} = Ae^{-Q/RT} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$\dot{\epsilon}$: Laju Melar

A : Konstanta

Q : Energi dalam deformasi

R : Konstanta gas

T : Suhu

2.2.6 Lelah (*Fatigue*)

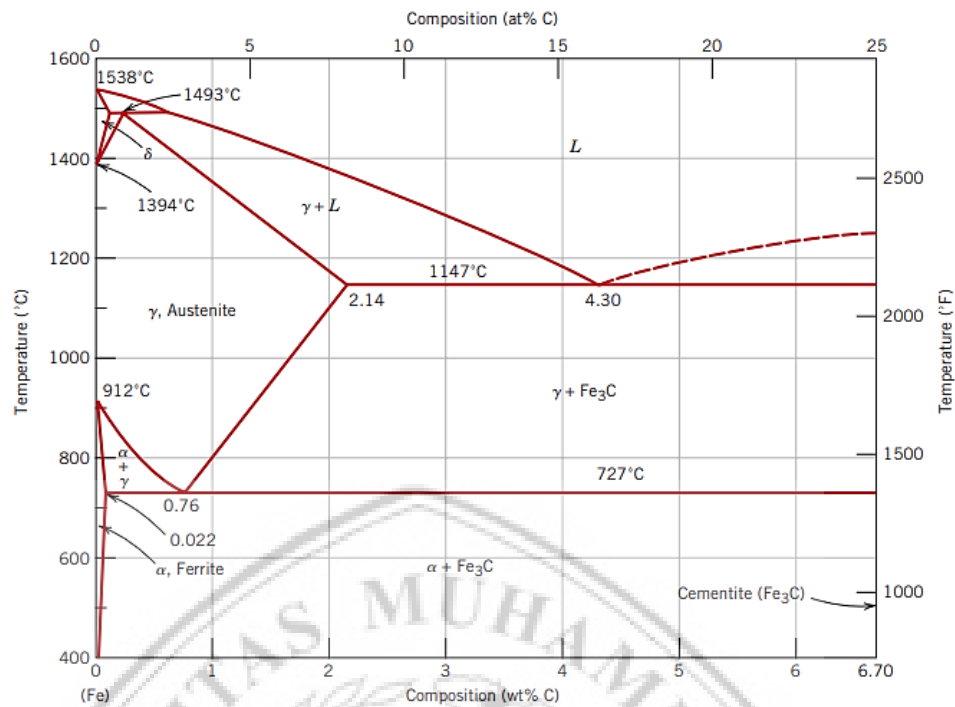
Patahan yang terjadi karena tegangan yang berulang, dan juga ditemui pada tegangan kurang dari sepertiga kekuatan tarik statik pada material struktur tanpa konsentrasi tegangan. Dalam keadaan dimana konsentrasi tegangan yang lebih kecil. Jadi kelelahan menjadi peran utama dalam patahnya material secara mendadak pada penggunaan suatu struktur atau komponen.

Terjadinya proses kelelahan pada material [*retakan lelah* \rightarrow *perambatan retakan lelah* \rightarrow *patahan statikk terhadap luas penampang sisa*]. Oleh karena itu pencegahan perlu dilakukan pada setiap tahapan proses tersebut dibagian yang efektif.

2.3 Konsep Fasa

Fasa berhubungan dengan keadaan material yang terpisah dan dapat diamati. Istilah ini bisa diterapkan baik pada material kristalin maupun non kristalin, dan merupakan cara yang mudah untuk menyatakan struktur materi. Elemen besi dapat berada dalam keadaan cair, padat dan sebagainya. Jika melihat fasa tertentu pada material maka yang dimaksud adalah suatu daerah yang terdiri dari beberapa atom dan ada permukaan pengikatnya yang memisahkan dari fasa lain.

Diagram fasa sangat berguna untuk menggambarkan skema struktur metalik dan keramik, namun memiliki keterbatasan. Diagram fasa terutama mengidentifikasi fasa yang ada dan menyajikan data komposisi. Keterbatasan paling utama adalah kenyataan bahwa diagram fasa tidak memberikan informasi mengenai bentuk struktur dan distribusi fasa. Kedua hal ini berperan penting dalam menentukan perilaku mekanik material. Keterbatasan kedua adalah diagram fasa hanya menggambarkan kondisi keadaan setimbang, bahwa pada umumnya paduan tidak mengalami pendinginan atau pemanasan lambat. Sebagai contoh *quenching* yang diterapkan pada heat treatment menghasilkan fasa metastabil yang disebut martensit dan bainit yang tidak mengalami perubahan pada temperatur ruang.



Gambar 2.3 Diagram fasa Ferrous – Fe₃c. (Callister,2014)

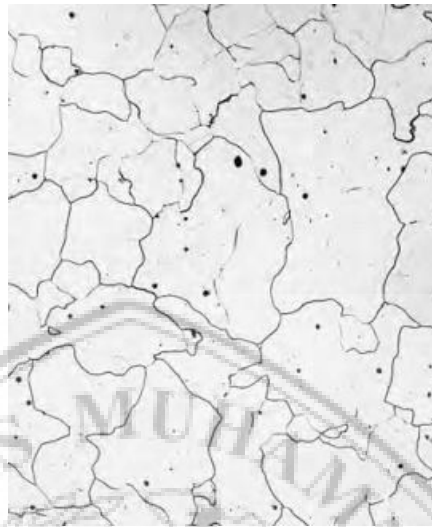
Pada diagram fasa Ferrous – Fe₃c diatas dapat diperlihatkan bagian dari sistem Fe-C yang menjadi dasar untuk memahami mikrostruktur paduan Fe yang disebut baja dan besi cor. Baja sangat responsif terhadap perlakuan panas karena adanya perbedaan besar untuk kelarutan padat karbon dalam austenit dan ferit serta eksistensi reaksi eutektoid. Dimana terdapat beberapa garis temperatur perubahan fasa dan merupakan titik kesetimbangan yang dideteksi selama analisa termal pada 727 °C, dan 1147°C.

Dimana pada diagram fasa Fe – Fe₃c dapat ditarik kesimpulan adanya perubahan fasa, yang terbentuk dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya komposisi kimia, temperatur transformasi, dan laju pendinginan. Jenis fasa yang terbentuk pada baja adalah sebagai berikut:

2.3.1 Ferrit

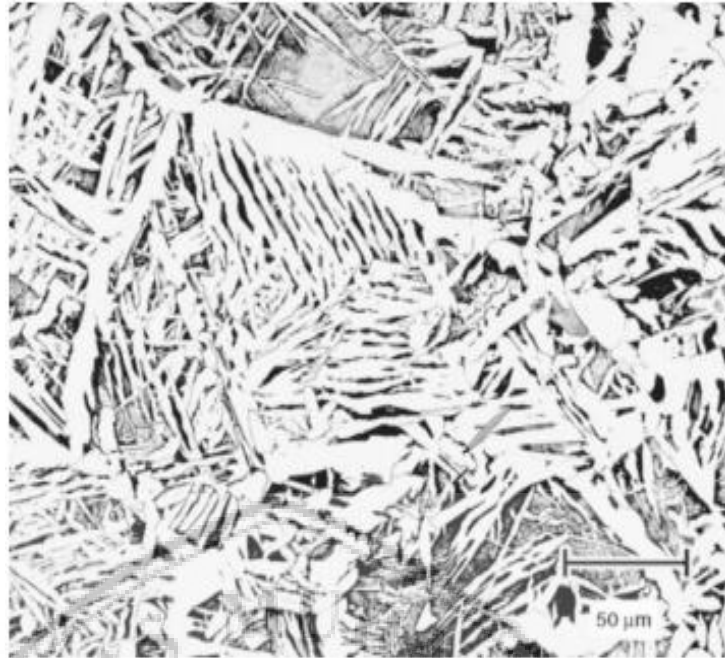
Ferrit (α -iron) merupakan fase yang stabil pada temperatur ruang, terbentuk pada kondisi *ekuilibrium*. *Ferrit* mempunyai struktur BCC (*Body Centered Cubic*) dengan

kekerasan yang relatif rendah. Ada juga jenis *ferrit* yang stabil pada temperatur tinggi yaitu *delta ferrit* (δ -iron).



Gambar 2.4 Photomicrographs dari struktur ferrite (90x). (Callister,2014)

Ferrit pada umumnya memiliki ukuran butir yang relatif besar dengan bentuk *polygonal*. Namun ada juga struktur ferrit yang berbentuk *accicular* (seperti jarum) yang disebut struktur *Widmanstatten* pada gambar 2.3 dibawah ini



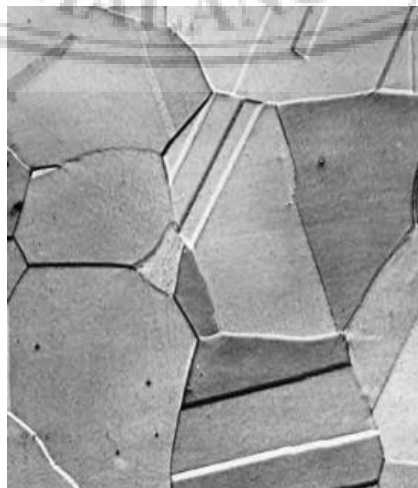
Gambar 2.5 Struktur ferrite yang berbentuk jarum disebut struktur Widmanstätten. (Warmuzek, 2004)

2.3.2 Austenite

Austenite (γ -iron) merupakan fase yang stabil pada temperatur yang relatif tinggi.

Austenit memiliki kelarutan karbon yang cukup tinggi, jauh lebih tinggi dibanding *ferrit*.

Austenit memiliki struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*).



Gambar 2.6 Photomicrographs dari struktur austenit (90x). (Callister, 2014)

2.3.3 Martensit

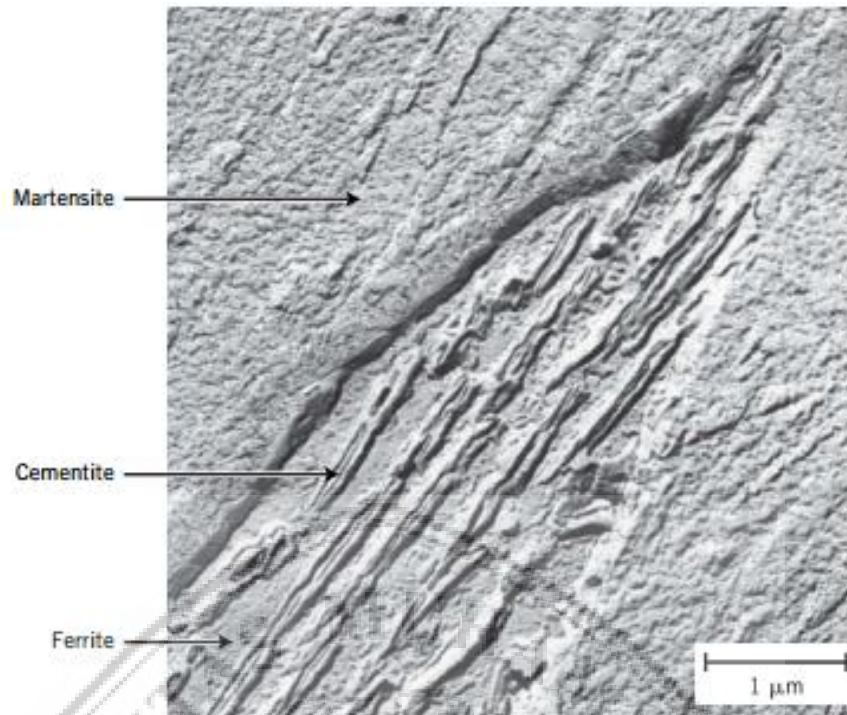
Martensit terbentuk ketika paduan Fe – C didinginkan dengan waktu yang cepat. *Martensit* merupakan struktur fasa tunggal nonequilibrium yang diperoleh dari transformasi *austenit* tanpa difusi. Dengan pendinginan cepat ini fasa austenit FCC mengalami transformasi polimorfik menjadi martensit tetragonal BCT yang memiliki sel atom ditengah.



Gambar 2.7 Photomicrograph yang menunjukkan struktur Martensit.
(Callister, 2014)

2.3.4 Bainit

Selain *perlite*, *Bainit* adalah produk dari transformasi *austenit*. Struktur *bainit* terdiri dari fasa *ferrit* dan *sementit*. *Bainit* terbentuk sebagai jarum atau pelat, tergantung pada suhu transformasi. Detail mikrostruktur bainit begitu halus sehingga hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron.



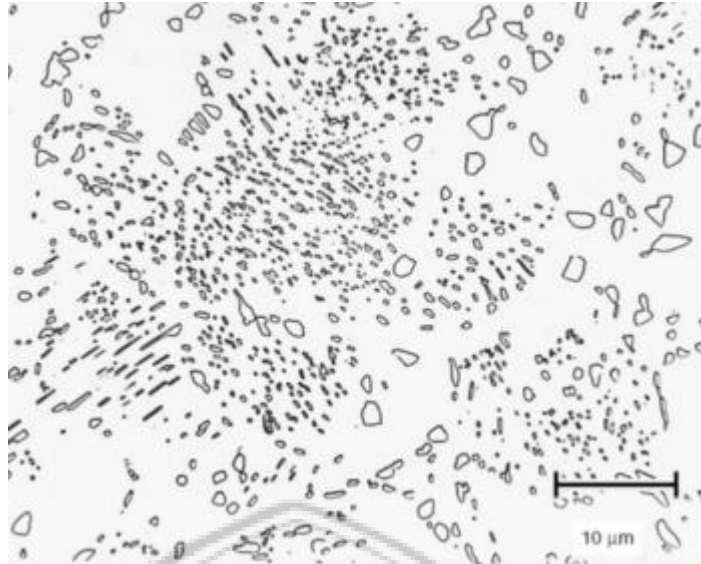
Gambar 2.8 Struktur bainit yang terbentuk dari ferrit dan sementit.

(Callister, 2014)

Bainit dibedakan menjadi dua, *lower bainit* dengan bentuk *feathery* (seperti bulu) dan *upper bainit* dengan bentuk *acicular* (seperti jarum). *Upper bainit* terjadi pada suhu transformasi yang cenderung tinggi, sementara *lower bainit* terbentuk pada suhu yang lebih rendah, saat pendinginan berlangsung secara *isothermal*. Kekerasan pada bainit akan mengalami peningkatan seiring dengan turunnya temperatur transformasinya. (Warmuzek, 2004)

2.3.5 Sementit atau Karbida Besi

Sementit merupakan fasa yang terbentuk dari senyawa Fe_3C . *Sementit* mempunyai struktur kristal ortorombik yang cukup kompleks, dengan nilai kekerasan yang tinggi. *Sementit* memiliki sifat *metastabil*.



Gambar 2.9 Struktur mikro baja paduan UNS G10400 yang memiliki struktur sementit berbentuk bulat. (Warmuzek, 2004)

2.4 Peningkatan Kekuatan dan Ketangguhan dengan Perilaku Panas

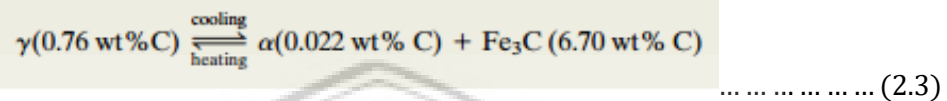
Produksi material yang memiliki kekuatan tinggi pada temperatur kamar dan temperatur tinggi sangat penting. Bahwasanya perpaduan, interaksi dislokasi atom terlarut, pengendalian ukuran butir dan pengerjaan dingin dapat meningkatkan tegangan luluh. Diantar metode tersebut, yang sering digunakan adalah dengan penghalusan butir. Pada sistem paduan tertentu dapat dihasilkan peningkatan kekuatan, karena kekuatan dan kekerasan melalui perlakuan panas saja. Metode ini sangat banyak menguntungkan, karena dapat ditingkatkan sesuai kebutuhan pada tahap produksi atau fabrikasi yang memerlukannya.

Kekuatan material merupakan parameter yang sangat penting untuk aplikasi industri. Namun kekuatan bukan satu – satunya parameter yang penting dan umumnya material harus memiliki kombinasi beberapa sifat. Kekuatan diperlukan agar material dapat membebaskan konsentrasi tegangan melalui deformasi elastis dan untuk bertahan terhadap patahan.

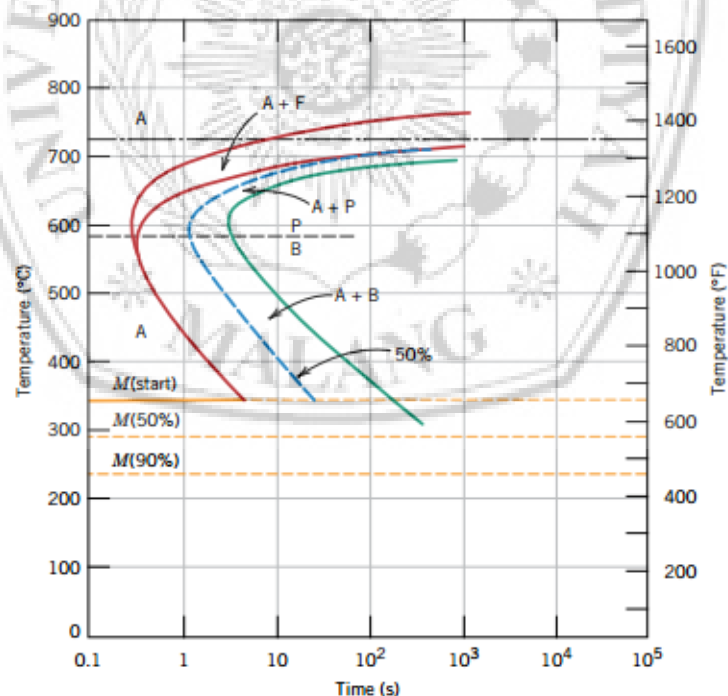
Untuk mengetahui proses perubahan yang terjadi pada mikrostruktur baja selama proses *heat treatment*, digunakan diagram transformasi. Diagram transformasi menunjukkan hubungan antara *cooling rate* dengan mikrostruktur yang terbentuk. Ada dua jenis diagram transformasi yang sering digunakan yaitu:

2.4.1 Diagram Transformasi Isothermal

Melihat kembali reaksi eutektoid pada Fe – C



Telah diketahui struktur *perlite* merupakan produk mikrostruktur dari *transformasi* ini. Diagram *transformmasi isothermal* menunjukkan transformasi struktur mikro baja pada kondisi temperatur yang konstan pada **Gambar 2.8**. Diagram ini lebih digunakan pada proses perlakuan panas tertentu seperti *martempering* ataupun *austempering*.



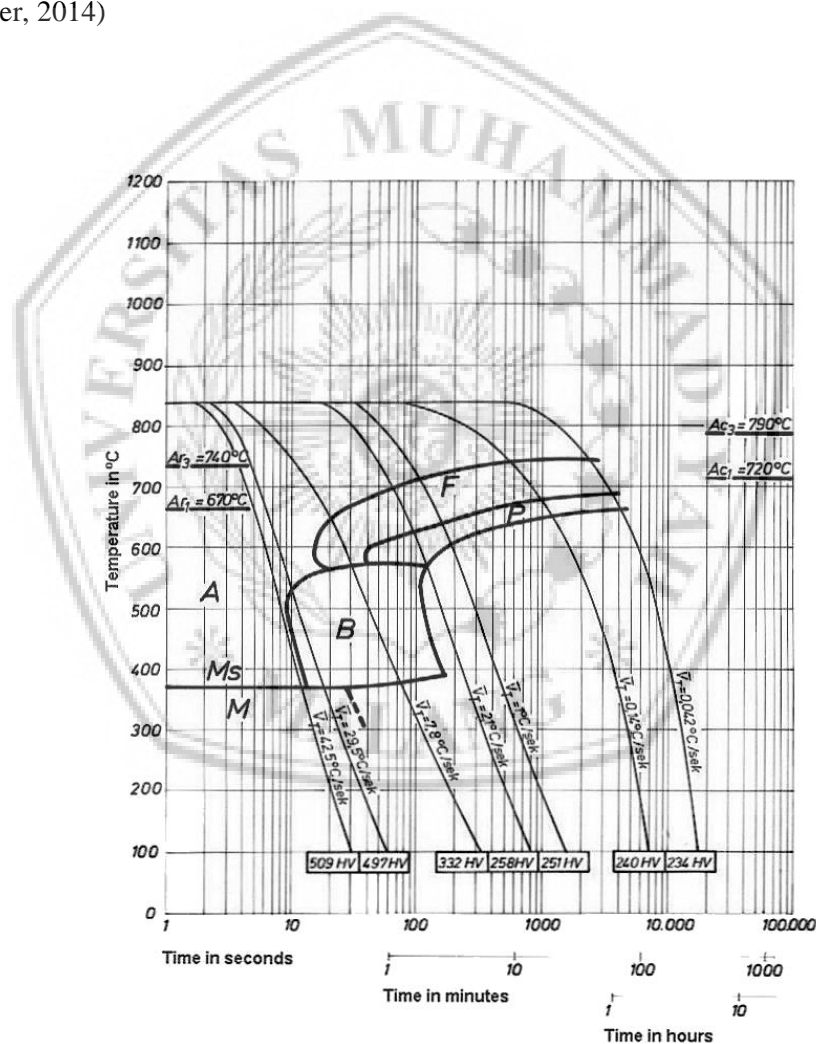
Gambar 2.10 Diagram transformasi isothermal untuk baja carbon 0,45%

A: Austenit, F: Proeutectoid ferrit, P: Perlit, B: Bainit, M: Martensit.

(Callister, 2014)

2.4.2 Diagram Transformasi Pendinginan Kontinyu (CCT)

Isothermal heat treatment bukan cara yang mudah dilakukan, karena beberapa baja paduan harus cepet didinginkan dan dipertahankan suhunya dari suhu tinggi diatas suhu eutektoidnya. Beberapa perlakuan panas untuk baja menggunakan pendinginan secara kontinyu ke suhu normal atau suhu kamar. Diagram ini harus diperbaharui mengingat perubahan mikro yang terus berubah setiap waktunya. Kurva awal terjadinya reaksi dan reaksi akhir disebut sebagai *Continuous Cooling Transformation* (CCT) diagrams. (Callister, 2014)



Gambar 2.11 Diagram CCT untuk AISI 1045. (SIJ Metal Ravne d.o.o, 2016)

Perlakuan panas pada baja memiliki fungsi yang berbeda – beda sesuai dengan kemampuan material yang diinginkan oleh rekayasawan. Proses perlakuan panas dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

1. Perlakuan panas untuk mendapatkan sifat kekerasan (*Hardening*).
2. Perlakuan panas untuk mendapatkan sifat keuletan (*Softening*).

2.4.3 *Hardening*

Hardening merupakan proses pemanasan baja hingga temperatur di daerah kritis dilanjutkan dengan pendinginan yang cepat. Jika kadar karbon diketahui, temperatur pemanasannya dapat diketahui dari diagram *Fe - C*. Namun tetapi, bila unsur paduan baja tidak diketahui, perlu dilakukan percobaan untuk mengetahui daerah pemanasannya. Cara yang tepat adalah memanaskan dan mendinginkan beberapa potong baja dari berbagai suhu disusul dengan pengujian kekerasan atau pengamatan mikroskopik.

Jika baja *hipoeutektoid* didinginkan secara perlahan-lahan, struktur *austenite* berubah menjadi struktur *ferite* dan *perlite*, baja dengan susunan demikian ulet. Jika baja didinginkan dengan tambah cepat, akan menghasilkan struktur dengan susunan yang lain, baja akan tambah keras tetapi kurang ulet. Pendinginan yang cepat dengan pendinginan di dalam air akan mendapatkan struktur *martensite*. *Martensite* merupakan struktur yang keras namun juga getas.

2.4.4 *Quenching*

Faktor utama dilakukan proses pendinginan *quenching* adalah untuk menghasilkan struktur baja dengan sifat kekerasan tinggi. Sekaligus terakumulasi dengan *tensile strength* dan *yield strength*, melalui proses perubahan dari *austenite* ke *martensite*. Perlakuan pendinginan dengan *quenching* akan optimal jika selama proses transformasi struktur *austenit* dapat dirubah secara keseluruhan menjadi bentuk struktur *martensite*. Hal yang penting untuk menggaransi keberhasilan *quenching* dan menunjang terbentuknya *martensit*

khususnya, adalah : temperatur pengerasan, waktu tahan, laju pemanasan, metode pendinginan, media pendingin dan *hardenability*.

Menurut media pendinginnya *quenching* dibedakan menjadi :

1. Media air
2. Media oli
3. Media udara
4. Media air garam

2.4.5 *Annealing*

Annealing adalah suatu perlakuan paanas (*heat treatment*) yang sering diberikan terhadap logam atau padua logam dengan proses pembuatan suatu produk. Beberapa proses *annealing* ini diawali dengan memanaskan logam (paduan) hingga suhu tertentu, melakukan penahanan pada suhu tertentu selama beberapa saat tertentu hingga tercapai perubahan struktur yang diinginkan lalu didinginkan kembali logam atau paduan tersebut dengan laju pendinginan yang sangat lambat.

Tujuan dari proses *annealing* ini adalah :

1. Melunakkan material logam.
2. Menghilangkan tegangan sisa
3. Menghaluskan butir – butir logam.

2.4.6 *Normalizing*

Proses ini dilakukan dengan memberikan perlakuan panas kepada baja sampai menjadi fasa *full austenite* dan didinginkan dengan media udara sampai mencapai suhu kamar. Fasa yang dihasilkan memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite* tergantung unsur paduan pada baja.

Normalizing umumnya akan menghasilkan struktur yang halus, sehingga baja dengan paduan komposisi kimia yang sama akan memiliki *yield strength*, *UTS*, kekerasan, dan *impact strength* yang lebih tinggi dari pada hasil *annealling*. *Normalizing* juga dapat

dilakukan pada benda hasil tempa yang berguna menghilangkan tegangan sisa dalam dan menghaluskan butiran kristalnya. Sehingga sifat mekanisnya menjadi lebih baik.

Normalizing dapat juga menghomogenkan struktur mikro sehingga dapat memberi hasil yang bagus dalam proses *hardening*, sehingga umumnya sebelum diberikan perlakuan panas *hardening* baja harus di *normalizing* terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai ketangguhan yang baik.

Pada *normalizing*, lebih baik tidak menggunakan suhu yang terlalu tinggi karena butir kristal *austenite* yang terbentuk akan terlalu besar, sehingga pada pendinginan yang cepat *ferit proeutektoid* akan membentuk struktur *Widmanstatten* yang berupa pelat-pelat *ferrit* yang sejajar, yang tumbuh didalam butir kristal austenit kasar yang akan menurunkan keuletan/ketangguhan suatu baja. Pada pendinginan yang agak cepat inti ferit proeutektoid tidak tumbuh secara normal menjadi butir-butir kristal, tetapi akan tumbuh dengan cepat membentuk *ferrit* berupa pelat kearah bidang kristalografik tertentu didalam butiran *austenit*. (Marharindra, 2011)

2.5 Ketangguhan Material

Pada konstruksi rekayasa, khususnya konstruksi dari baja yang mengalami proses perlakuan panas (*heat treatment*), retak terjadi akibat cacat las, adanya inklusi, kerusakan di permukaan, dan sebagainya dan perancangan konstruksi harus dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa retak memang telah ada dan dapat merambat pada tegangan dibawah tegangan luluh makroskopik hasil pengukuran uji tarik. Pada temperatur rendah beberapa jenis logam, khususnya baja berubah menjadi getas dan mengalami perpatahan rengkah. Karena logam – logam tersebut bersifat ulet pada temperatur kamar berubah menjadi getas, ini sangat menarik dan menjadi penyebab berbagai kecelakaan rekayasa.

Faktor yang mempengaruhi kegetasan baja adalah *transisi ulet – getas, efek komposisi dan ukuran butir, pengerasan kerja, dan mikrostrukturnya*.

2.6 Penahanan Waktu (*Holding Time*)

Holding time dilakukan untuk mendapatkan struktur yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya. Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna dan tidak homogen selain itu waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini dikarenakan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan. Sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan (Thelning, 1984).

2.7 Pengujian Tarik

Pada uji tarik ini kedua ujung spesimen dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat pengukur beban dari mesin uji dan ujung lainnya dihubungkan dengan perangkat peregang. Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat mekanik suatu material khususnya logam. Berikut sifat – sifat yang akan diketahui pada saat dilakukannya uji tarik pada spesimen adalah :

1. Kekuatan tarik material
2. Kekuatan luluh material
3. Keuletan dari material
4. Modulus elastisitas material
5. Kelentingan dari suatu material
6. Ketangguhan material

2.8 Metalografi

Metalografi adalah suatu cara pemeriksaan pada mikrostruktur dari bahan logam untuk mengetahui keadaan struktur bahan tersebut dalam hubungannya dengan

sifat bahan tersebut sebelum atau sesudah proses perlakuan panas. Sebagaimana telah kita pelajari bahwa sifat bahan khususnya bahan logam sangat dipengaruhi oleh struktur serta komposisi unsur dari logam tersebut, oleh karena itu dalam proses perbaikan sifat bahan sering dilakukan dengan cara merubah struktur bahan tersebut melalui proses perlakuan panas. Proses metalografi dilakukan dengan melihat mikrostruktur tersebut di bawah Metallography - microscope, menganalisis bentuk serta susunan dan jenis unsur yang terdapat pada logam tersebut, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- *Cutting*, mempersiapkan specimen dari jenis bahan yang akan diperiksa strukturnya.
- *Grinding*, proses perataan permukaan specimen uji dengan kertas gosok dari yang kasar hingga paling halus.
- *Polishing*, menghaluskan specimen uji dari bekas grinding menggunakan pasta khusus.
- *Etching*, mereaksikan specimen uji dengan larutan kimia, sehingga specimen uji dapat diamati menggunakan mikroskop.